PEMISAHAN ASAM LEMAK SAWIT DISTILAT (ALSD) DENGAN METODE DISTILASI MOLEKULER

Eka Nuryanto, Tjahjono Herawan, Basuki Wirjosentono[1], dan Harry Agusnar[1]

Abstrak Asam lemak sawit distilat (ALSD) merupakan hasil samping dari pabrik minyak goreng dengan jumlah sekitar 3-5% dari minyak sawit mentah yang diolah. Saat ini umumnya ALSD digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun dengan *grade* rendah. ALSD ini dapat digunakan sebagai sumber asam lemak tak jenuh yang dapat dimodifikasi menjadi senyawa dengan struktur kimia lebih lanjut. Pada penelitian ini akan dilakukan pemisahkan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang terdapat di dalam ALSD dengan metode distilasi molekuler. Kondisi pemisahan ALSD menggunakan metode distilasi molekuler dengan alat *Short Path Distillation Plant type KDL 5* adalah pada suhu *wiper* 350°C dan suhu *evaporator* 100, 120, 150, 180, dan 200°C. Karakteristik metil ester lemak sawit distilat (MELSD) yang digunakan sebagai bahan baku untuk dipisahkan menggunakan distilasi molekuler adalah Bilangan Asam (mg KOH/g) 3,22; Bilangan Penyabunan (mg KOH/g) 195,03; Bilangan Iod (g I_2/100g) 41,43; dan Kadar Air 0,53%. Hasil pemisahan pada setiap suhu *evaporator* ditampung di dua tempat yaitu fraksi Distilat (D) dan fraksi Residu (R), sehingga diperoleh 10 fraksi, yaitu fraksi D1-5 dan R1-5. Pada penelitian ini diperoleh pada fraksi distilat (D1-5) kandungan asam lemak tak jenuh berturut-turut adalah 31,72; 39,70; 44,94; 60,39; dan 67,65%, sedangkan kandungan asam lemak jenuh berturut-turut adalah 68,22; 60,17; 54,74; 39,08; dan 32,04%. Sementara itu pada fraksi residu (R1-5) kandungan asam lemak jenuh berturut-turut adalah 55,81; 56,96; 66,57; 76,53; 84,52%, sedangkan kandungan asam lemak tak jenuh berturut-turut adalah 43,43; 42,78; 33,42; 23,48; dan 15,48%. Dengan demikian kondisi pemisahan yang memberikan hasil asam lemak tak jenuh paling tinggi pada penelitian ini adalah pada D5 dengan suhu *wiper* 350°C dan suhu *evaporator* 200°C mencapai 67,65% dan kandungan asam lemak jenuh pada fraksi residu (R5) mencapai 84,52%.

Kata kunci : Minyak sawit, asam lemak sawit distilat, pemisahan, distilasi molekuler.

Abstract *Palm fatty acid distillate (PFAD) a byproduct of palm oil refinery with a total of about 3-5% of the crude palm oil is processed. Currently PFAD generally used as raw material for manufacturing low grade soap. PFAD can be used as a source of unsaturated fatty acids which can be modified into a compound with the chemical structure further. This research will be done separated saturated and unsaturated fatty acids contained in PFAD with molecular distillation method. PFAD separation conditions using a molecular distillation method with a Short Path Distillation Plant type KDL 5 at a wiper temperature of 350°C and evaporator temperature of 100, 120, 150, 180, and 200°C. Characteristics of palm fatty distillate methyl ester (PFDME) used as raw material to be separated using a molecular distillation is Acid Numbers (mg KOH/g) 3.22, saponification Numbers (mg KOH/g) 195.03, Numbers iodine (I2 g/100g) 41.43, and 0.53% Moisture. The separation at each temperature evaporator housed in two places, namely the fraction of distillate (D) and residual fraction (R), to obtain 10 fractions, namely fraction D1-5 and R1-5. In this study distillate fraction obtained in (D1-5) content of unsaturated fatty acids in a row is 31.72; 39.70; 44.94; 60.39, and 67.65%, while the saturated fatty acid content of successive share is 68.22; 60.17; 54.74; 39.08, and 32.04%. Meanwhile, the residual fraction (R1-5) content of saturated fatty acids in a row is 55,81; 56.96; 66.57; 76.53, and 84.52%, while the unsaturated fatty acid*

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Eka Nuryanto (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: eka_nuryanto_ppks@yahoo.com

[1] Departemen Kimia FMIPA, Universitas Sumatera Utara

Naskah masuk: 04 Juni 2012; Naskah diterima: 05 November 2012

content, respectively 43.43; 42.78; 33.42; 23.48, and 15.48%. Thus, the highest yield separation conditions to separate PFAD with a Short Path Distillation Plant type KDL 5 is at a wiper temperature of 350°C and evaporator temperature of 200°C with an unsaturated fatty acid content in the distillate (D5) reached 67.65% and the fatty acid content saturated at the residual fraction (R5) reached 84.52%.

Keywords: *palm oil, palm fatty acid distillate, separation, molecular distillation.*

PENDAHULUAN

Minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan minyak yang diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Pada tahun 2010, CPO yang dihasilkan Indonesia mencapai 21,1 juta ton (Oil World, 2010). Sebagian besar dari produksi ini di ekspor langsung dalam bentuk CPO dan hanya sekitar 5 juta ton yang digunakan sebagai bahan baku minyak goreng (Wahyuniarti, 2011). Pada proses pembuatan minyak goreng kelapa sawit akan diperoleh hasil samping Asam Lemak Sawit Distilat (ALSD) dengan jumlah sekitar 3 - 5% dari jumlah CPO yang diolah. Saat ini umumnya ALSD digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun dengan *grade* rendah. Pemanfaatan ALSD untuk biodiesel pernah dilaporkan oleh Ab.Gapor (2010) dan Boonnoun *et al.* (2008).

Asam lemak tak jenuh merupakan salah satu komponen yang terdapat di dalam ALSD, dengan demikian ALSD ini dapat digunakan sebagai sumber asam lemak tak jenuh yang dapat dimodifikasi menjadi senyawa dengan struktur kimia lebih lanjut. Senyawa yang dapat dimodifikasi dari ALSD antara lain adalah metil oleat, metil epoksi stearat, metil asetoksi stearat, dll. Komponen minor yang terdapat di dalam ALSD ternyata adalah tokoferol dan tokotrienol yang telah diisolasi oleh Chu, *et al.* (Chu *et al.*, 2003 dan Chu *et al.*, 2009).

Ada beberapa metode untuk memisahkan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang terdapat di dalam ALSD, antara lain metode panci dan pengempaan, distilasi bertingkat, dan kristalisasi pelarut. Prinsip dari ke tiga metode ini adalah adanya perbedaan titik didih, titik leleh, kelarutan, kereaktifan, dan tekanan uap air antara asam lemak jenuh dan tak jenuh. Perkembangan instrumentasi saat ini telah menghasilkan sebuah alat untuk memisahkan campuran senyawa yang mempunyai titik didih yang berdekatan, yaitu alat distilasi molekular. Bahan baku yang dapat dipisahkan harus dalam bentuk esternya, sehingga ALSD diesterifikasi terlebih dahulu. Ada beberapa metode esterifikasi asam lemak atau minyak terutama dari penggunaan jenis katalisnya seperti menggunakan asam sulfat, zirkonia sulfat, kalium, enzim, dan lain-lain (He *et al.*, 2007; Oliveira, 2006; Rossi, 2010; dan Turapan *et al.*, 2010).

Distilasi molekuler sering digunakan untuk proses pemisahan polimer ke dalam fraksi berat molekul yang berbeda pada suhu serendah mungkin untuk menghindari kerusakan. Dalam pengertian lain distilasi molekuler merupakan penyulingan yang dilakukan di bawah vakum dan dirancang sebagai alat yang memungkinkan molekul dapat melepaskan diri dari cairan yang hangat untuk mencapai permukaan kondensor yang dingin sebelum bertabrakan dengan molekul lain dan akibatnya kembali mencair. Shi *et al.* melaporkan telah melakukan pemisahan tokotrienol dan senyawa minor lainnya yang terkandung di dalam minyak sawit menggunakan distilasi molekuler (Shi *et al.*, 2007). Sementara itu, Moraes *et al.* melaporkan pemisahan tokoferol yang terdapat di dalam *slude* minyak kedelai menggunakan distilasi molekuler (Moraes *et al.*, 2006). Aplikasi distilasi molekuler yang lain adalah pemisahan etil ester dari asam eikosapentanoat dan dokosaheksanoat dan fraksinasi minyak viseral yang dilaporkan oleh Rossi dan Liang (Liang dan Hwang, 2000 dan Rossi *et al.*, 2010).

Ada beberapa bagian alat yang terdapat di dalam *Short Path Distillation* yang sangat mempengaruhi hasil pemisahan dengan metode distilasi molekular. Bagian alat-alat tersebut di antaranya adalah *product feed*, *distillation unit*, *discharge residue*, *discharge distillate*, *cold trap*, *wiper basket*, dan *heating device* (Anonim, 2004). Pengaturan suhu yang tepat pada setiap bagian ini akan diperoleh kondisi optimum proses pemisahan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang terdapat di dalam ALSD. Oleh sebab itu diperlukan penelitian untuk memperoleh kondisi optimum proses pemisahan asam lemak ini.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Oleokimia Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. Bahan yang digunakan adalah Asam Lemak Sawit Distilat (ALSD) yang merupakan hasil samping pabrik minyak

goreng kelapa sawit dari PT. Multimas Nabati Asahan dan bahan-bahan kimia lainnya seperti metanol, heksan, KOH, KI dengan *grade* teknis dan fenolftalein, larutan Wijs dengan *grade* pro analisa untuk keperluan esterifikasi ALSD dan analisis titrimetri. Sementara itu peralatan yang digunakan adalah *Gas Chromatography* merk Shimadzu, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) *Alpha-P* merk Bruker, dan *Short Path Distillation Plant type KDL 5* merk UIC GmbH.

Pada tahap awal penelitian dilakukan karakterisasi ALSD yang digunakan, yaitu meliputi parameter kadar air, bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod, dan bilangan peroksida (Anonim, 2011). Kemudian dilakukan esterifikasi ALSD dengan metanol pada perbandingan (1:8) menggunakan katalis asam sulfat (1,834%) pada suhu 70°C selama 60 menit (Chongkhong *et al.,* 2007). Untuk melihat terjadinya esterifikasi dilakukan analisis gugus fungsi dengan menggunakan alat FTIR *Alpha-P* merk *Bruker*.

Pemisahan asam lemak jenuh dan tak jenuh dengan alat *Short Path Distillation*, menggunakan asam lemak dalam bentuk esternya sebagai bahan baku. Pada penelitian ini digunakan MELSD yang akan dipisahkan asam lemak jenuh dan tak jenuhnya dengan menggunakan alat *Short Path Distillation Plant type KDL 5* dari *UIC GmbH* ditampung dalam 5 fraksi distilat (D I - V) dan 5 fraksi residu (R I - V). Masing-masing fraksi ini berbeda perlakuan suhu pada *evaporator*, sedangkan suhu pada *wiper* dibuat tetap yaitu 350°C. Suhu pada *evaporator* mulai dari fraksi I – V adalah berturut-turut 100, 110, 120, 150, dan 200°C. Dari 10 fraksi ini baik fraksi distilat maupun fraksi residu dilakukan analisis dengan *Gas Chromatography* untuk melihat komposisi kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh di dalam masing-masing fraksi tersebut.

Analisis komposisi asam lemak yang terdapat di dalam MELSD dilakukan dengan alat *Gas Chromatography* dengan kondisi operasional suhu injeksi sampel 260°C, *carrier gas* He, *total flow* 106,2 ml/menit, *column flow* 1,04 ml/menit, *initial temperature column oven* 90°C, penahanan pada suhu 90°C selama 5 menit, pada 208°C selama 10 menit, jenis kolom DB-23, panjang kolom 30 m, diameter dalam kolom 0,25 mm, suhu maksimal kolom 250°C. Detektor yang digunakan adalah *Flame Ionization Detector* (FID) dengan suhu 260°C dengan laju aliran H_2 40 ml/menit dan laju aliran udara 400 ml/menit (Anonim, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Asam Lemak Sawit Distilat (ALSD) dan Metil Ester Lemak Sawit Distilat (MELSD) dikarakterisasi sifat kimianya. Pada Tabel 1. disajikan karakteristik ALSD dan MELSD.

Pada Tabel 1. terlihat bahwa karakteristik Bilangan Asam di dalam ALSD adalah 167,20 mg KOH/g dan Bilangan Penyabunan 196,86 mg KOH/g. Hal ini menunjukkan bahwa di dalam ALSD banyak mengandung gugus fungsi karboksilat atau dalam bentuk asamnya. Namun demikian di dalam ALSD juga mengandung gugus fungsi dalam bentuk ester, yaitu ester yang berasal dari mono, di, dan atau tri gliserida yang terikut ke dalam ALSD pada saat proses deodorisasi di pabrik minyak goreng kelapa sawit walaupun jumlahnya relatif sedikit. Ini terlihat dari adanya perbedaan nilai antara Bilangan Asam dan Bilangan Penyabunan di dalam ALSD. Apabila di dalam ALSD tidak mengandung gugus ester, maka nilai Bilangan Asam dan Bilangan Penyabunan akan sama. Karakteristik ALSD di atas ternyata tidak jauh berbeda dengan umumnya ALSD di Malaysia seperti yang dilaporkan oleh Cheah *et al.,* 2010, yang menyatakan bahwa Bilangan Asam 160-206 mg KOH/g, Bilangan Penyabunan 200,3-215,4 mg KOH/g, Bilangan Iod 46,3 – 57,6 g I_2/100 g, dan Kadar Air 0,03-0,24%.

Sementara itu di dalam MELSD tidak lagi banyak mengandung gugus fungsi karboksilat tetapi sudah

Tabel 1. Karakteristik ALSD dan MELSD.

Parameter	Satuan	ALSD	MELSD
Kadar Air	%	0,20	0,53
Bilangan Asam	mg KOH/g	167,20	3,22
Bilangan Penyabunan	mg KOH/g	196,86	195,03
Bilangan Iod	g I2/100g	40,48	41,34
Bilangan Peroksida	Meq/kg	2,99	14,29

menjadi gugus fungsi ester, terlihat dari kecilnya Bilangan Asam di dalam MELSD, yaitu 3,22 mg KOH/g. Sedangkan Bilangan Penyabunan mencapai 195,03 mg KOH/g. Hal ini menunjukkan sebagian besar asam di dalam ALSD telah berubah menjadi ester (98,07%). Tidak sempurnanya reaksi esterifikasi ini disebabkan reaksi esterifikasi merupakan reaksi yang reversibel atau dapat balik. Sehingga selalu saja ada reaksi ke arah kiri atau ke arah reaktan setelah terjadi senyawa ester atau produk. Sementara itu Bilangan Penyabunan dari ALSD dan MELSD relatif tidak berbeda karena jumlah total asamnya tidak berubah. Adanya nilai Bilangan Iod dari ALSD dan MELSD yang mencapai sekitar 40%, ini menunjukkan bahwa di dalam ALSD maupun MELSD mengandung asam yang mempunyai ikatan rangkap dua. Jenis asam ini bisa asam oleat, asam linoleat, dan linolenat. Jumlah dan jenis asam ini nantinya dapat diketahui dari analisis dengan *Gas Chromatography* (Kuntom *et al.*, 2005).

Komposisi asam lemak yang terdapat di dalam MELSD hasil analisis menggunakan *Gas Chromatography* (GC) disajikan pada Tabel 2, sedangkan kromatogramnya disajikan pada Gambar 1 di bawah ini.

Tabel 2. Komposisi asam lemak di dalam MELSD.

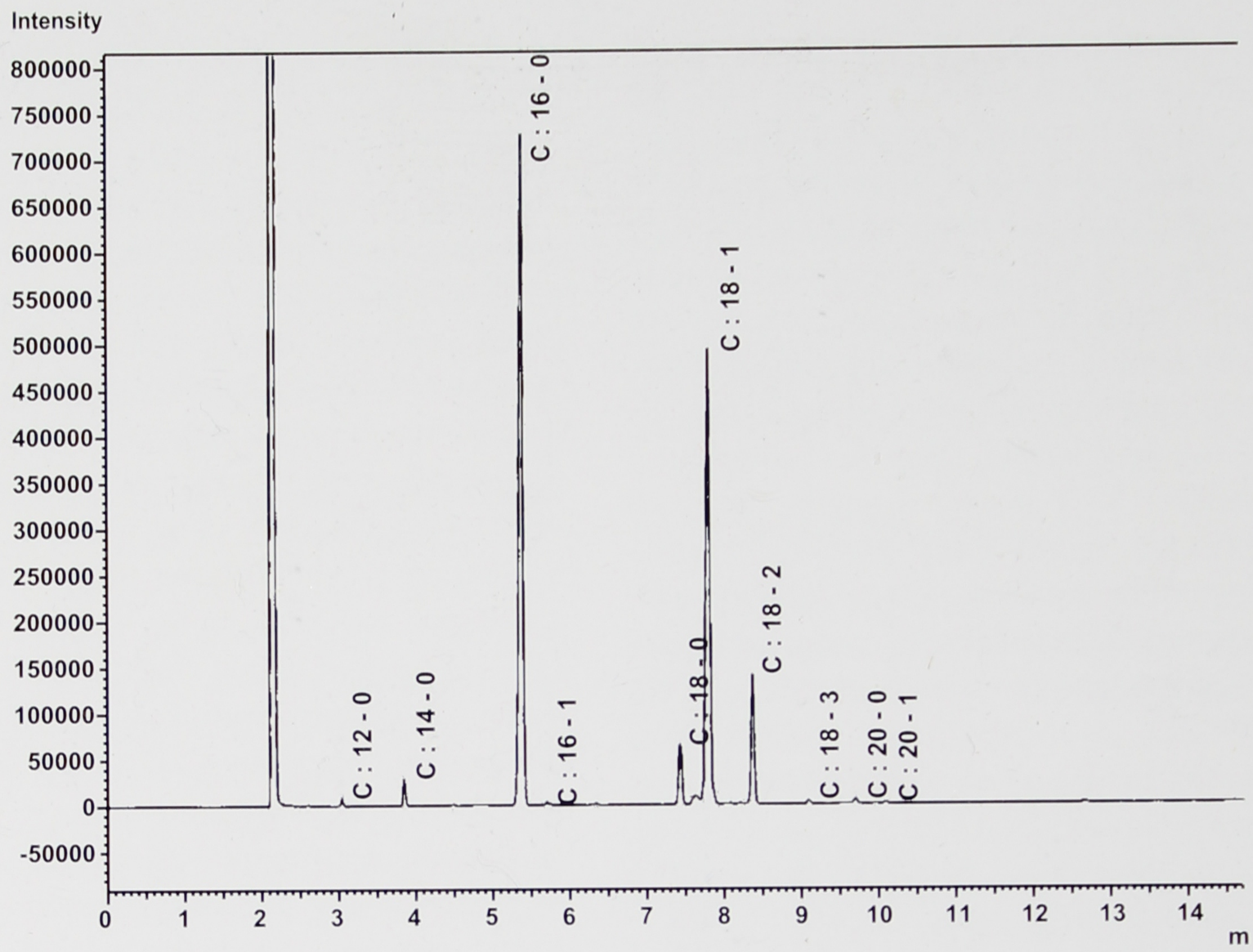
Jenis Asam Lemak	Kandungan (%)
Asam Laurat (C 12:0)	0,28
Asam Miristat (C 14:0)	1,17
Asam Palmitat (C 16:0)	48,96
Asam Stearat (C 18:0)	4,04
Asam Oleat (C 18:1)	37,02
Asam Linoleat (C 18:2)	7,64
Asam Linolenat (C 18:3)	0,13

Pada Tabel 2. di atas terlihat bahwa kandungan asam lemak jenuhnya didominasi oleh jenis asam palmitat dan asam stearat yang jumlahnya mencapai lebih dari 50%. Sedangkan untuk asam lemak tak jenuhnya didominasi oleh asam oleat kemudian asam linoleat. Sementara itu Deshmane *et al.*, melaporkan bahwa komposisi asamnya adalah Asam Palmitat 46,81%, Asam Stearat 4,72%, Asam Oleat 35,31%, Asam Linoleat 8,38%, dan asam-asam lainnya 4,76% (Deshmane *et al.*, 2009). Sementara itu pada Gambar 1 disajikan kromatogram dari MELSD, terlihat bahwa kandungan yang paling tinggi adalah asam palmitat untuk asam lemak jenuh dan asam oleat untuk asam lemak tak jenuh.

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis penentuan gugus fungsi dengan menggunakan alat FTIR. Gugus-gugus fungsi yang terdapat di dalam suatu senyawa akan memberikan pita-pita serapan yang khas sesuai dengan gugus fungsi tersebut. Hasil analisis spektroskopi menggunakan alat FTIR *Alpha-P* dari *Bruker* menunjukkan bahwa spektrum FTIR dari ALSD yang disajikan pada Gambar 2 dengan warna tinta hitam, muncul serapan pada bilangan gelombang 2.916 cm^{-1} (serapan uluran gugus -O-H), 2.848 cm^{-1} (serapan uluran gugus -C-H), 1.702 (serapan uluran gugus -C=O asam karboksilat), 1.464 dan 1.292 cm^{-1} (serapan uluran gugus -C-O dan tekukan gugus -O-H), 935 cm^{-1} (serapan tekukan gugus -C-O), dan 721 cm^{-1} (serapan uluran gugus $(-CH_2)_n$). Pita-pita serapan yang muncul ini sesuai dengan serapan-serapan yang khas untuk senyawa asam karboksilat. Sementara itu, spektrum FTIR dari MELSD yang disajikan pada Gambar 2 dengan warna tinta merah, pita-pita serapan yang khas untuk senyawa ester akan muncul serapan di daerah 1.741 cm^{-1} dari gugus -C=O ester, terjadi pergeseran pita serapan dari 1.702 cm^{-1} (karbonil asam karboksilat) menjadi 1.741 cm^{-1} (karbonil ester). Pita serapan pada 1.169 cm^{-1} adalah vibrasi dari gugus –O-C-O ester. Serapan yang lainnya akan muncul pada daerah yang tidak jauh berbeda dengan asam karboksilat (Ivanoiu *et al.*, 2011).

Hasil analisis *Gas Chromatography* untuk 5 fraksi distilat disajikan pada Tabel 3.

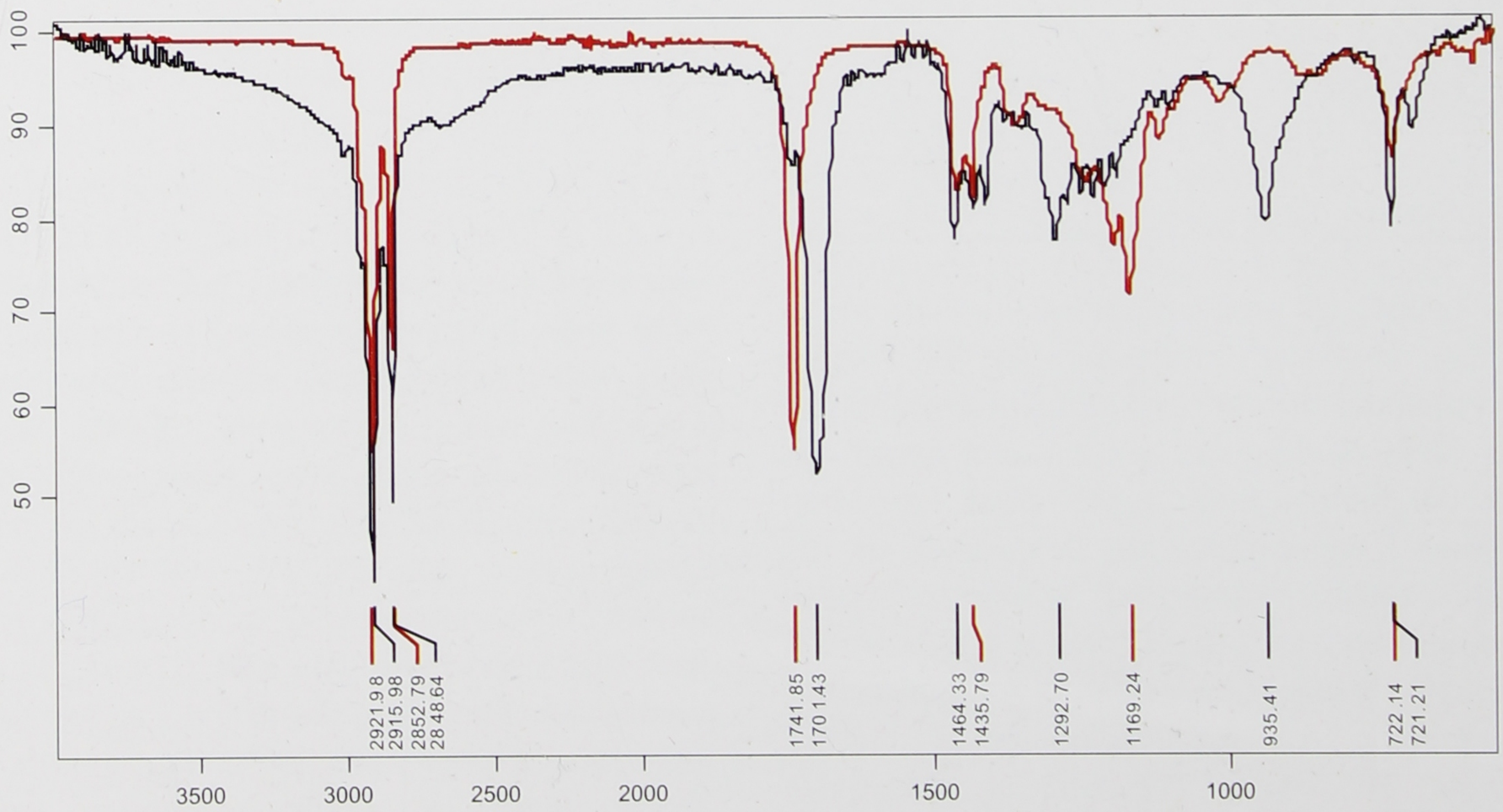
Pada Tabel 3. di atas terlihat bahwa kandungan total asam lemak tak jenuh meningkat mulai dari fraksi D 1 s/d D 5. Kebalikannya dengan kandungan asam lemak jenuh, menurun mulai dari fraksi D 1 s/d D 5. Pada fraksi D 5 mengandung asam lemak tak jenuh yang paling banyak, yaitu 67,65% dan asam lemak jenuh yang paling sedikit yaitu, 32,04%. Sedangkan fraksi D 1 mengandung asam lemak jenuh yang paling banyak, yaitu 68,22% dan asam lemak tak jenuh yang paling sedikit yaitu 31,72%. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan MELSD menggunakan alat *Short Path Distillation Plant type KDL 5* pada penelitian ini memberikan hasil yang paling tinggi adalah pada suhu *wiper* dibuat tetap yaitu 350°C dan suhu *evaporator* 200°C. Hasil ini didukung dengan kandungan komposisi dari fraksi residu yang diperoleh.



Gambar 1. Kromatogram *Gas Chromatography* ALSD.

Sementara pada Tabel 4. di bawah ini disajikan kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh yang terdapat di dalam fraksi residu (R 1-5) hasil dari analisis menggunakan *Gas Chromatography*. Kandungan asam lemak tak jenuh paling banyak terdapat pada fraksi R 1 dan semakin berkurang kandungannya sampai dengan fraksi R 5. Sedangkan asam lemak jenuh paling banyak terdapat pada fraksi R 5 dan semakin berkurang kandungannya sampai dengan fraksi R1.

Dengan demikian, pada suhu *wiper* 350°C dan suhu *evaporator* 200°C, akan diperoleh pada fraksi D5 kandungan asam lemak tak jenuh yang paling tinggi, yaitu 67,65%. Sedangkan pada fraksi R5 kandungan



Gambar 2. Spektrum FTIR ALSD (hitam) dan MELSD (merah).

Tabel 3. Komposisi asam lemak di dalam fraksi distilat.

Jenis Asam Lemak	Kandungan (%)				
	D 1 100°C	D 2 120C	D 3 150°C	D 4 180°C	D 5 200°C
Asam Laurat (C 12:0)	0,19	0,12	0,16	0,95	0,61
Asam Miristat (C 14:0)	1,75	1,10	0,85	1,47	1,52
Asam Palmitat (C 16:0)	63,81	55,56	49,52	32,30	26,14
Asam Stearat (C 18:0)	2,47	3,39	4,21	4,36	3,77
Total Asam Lemak Jenuh	**68,22**	**60,17**	**54,74**	**39,08**	**32,02**
Asam Oleat (C 18:1)	25,70	32,33	36,49	49,62	55,33
Asam Linoleat (C 18:2)	5,86	7,17	8,23	10,51	12,01
Asam Linolenat (C 18:3)	0,16	0,20	0,22	0,26	0,31
Total Asam Lemak Tak Jenuh	**31,72**	**39,70**	**44,94**	**60,39**	**67,65**

asam lemak jenuhnya mencapai 84,52%. Pemisahan ME-ALSD menggunakan metode distilasi molekular dengan alat *Short Path Distillation KDL 5,* kondisi optimum untuk pemisahan ini adalah pada suhu *wiper* 350°C dan suhu *evaporator* 200°C.

KESIMPULAN

Karakteristik metil ester lemak sawit distilat (MELSD) yang digunakan sebagai bahan baku untuk dipisahkan menggunakan distilasi molekuler adalah Bilangan Asam (mg KOH/g) 3,22, Bilangan Penyabunan (mg KOH/g) 195,03, Bilangan Iod (g I_2/100g) 41,43, dan Kadar Air 0,53%. Komposisi asam lemak dari MELSD adalah asam laurat 0,28%, asam miristat 1,17%, asam palmitat 48,96%, asam stearat 4,04%, asam oleat 37,02%, dan asam linoleat 7,64%, dan asam linolenat 0,13%.

Hasil pemisahan MELSD dengan alat *Short Path Distillation Plant type KDL 5* yang menghasilkan kandungan asam lemak tak jenuh adalah pada suhu *wiper* 350°C dan suhu *evaporator* 200°C dengan kandungan asam lemak tak jenuh pada fraksi distilat 5 (D5) mencapai 67,65% dan kandungan asam lemak jenuh pada fraksi residu 5 (R5) mencapai 84,52 %.

Tabel 4. Komposisi asam lemak di dalam fraksi residu.

Jenis Asam Lemak	Kandungan (%)				
	R 1 100°C	R 2 120C	R 3 150°C	R 4 180°C	R 5 200°C
Asam Laurat (C 12:0)	0,42	0,29	0,64	1,34	2,82
Asam Miristat (C 14:0)	1,37	1,29	2,37	4,14	7,09
Asam Palmitat (C 16:0)	50,64	51,46	60,86	69,43	73,61
Asam Stearat (C 18:0)	3,87	3,92	2,70	1,62	1,00
Total Asam Lemak Jenuh	**56,30**	**56,96**	**66,57**	**76,53**	**84,52**
Asam Oleat (C 18:1)	35,50	34,90	27,14	18,90	12,49
Asam Linoleat (C 18:2)	7,72	7,67	6,12	4,46	2,99
Asam Linolenat (C 18:3)	0,21	0,21	0,16	0,12	0,00
Total Asam Lemak Tak Jenuh	**43,43**	**42,78**	**33,42**	**23,48**	**15,48**

DAFTAR PUSTAKA

Ab. Gapor Md Top. 2010. Production and utilization of palm fatty acid distillate (PFAD). Lipid Technology. Vol 22, issue 1.

Anonim. 2011. Official methods and recommeded practices of the AOCS. Sixth Edition, AOCS. Urbana, Illinois USA.

Anonim. 2004. Assembly and operating manual for laboratory Short Path Distillation Plant type KDL 5. UIC GmBh. Jerman.

Boonnoun, P., A. Maneesiri, and C. Pattamaprom. 2008. Production of biodiesel from palm fatty acids distillate. Thammasat International Science Technology. Vol 13, no 4.

Cheah, K.Y. and P.M. Koh. 2010. Palm fatty acid distillate next-generation palm biodiesel. INFORM – AOCS, May 2010.

Chongkhong, S., C. Tongurai, P. Chetpattananondh, and C. Bunyakan. 2007. Biodiesel production by esterification of palm fatty acid distillate. Elsevier Ltd. Doi:10.1016/j.biombioc. 2007.03.001.

Chu, B.S., B.S. Baharin, S.Y. Quek, and Y.B. Che Man. 2003. Separation of tocopherols and tocotrienols from Palm Fatty Acid Distillate using hydrolysis-neutralization-adsorption chromatography method. Journal of Food Lipids. Vol 10, issue 2, p.141-152.

Chu, B.S., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, and S.Y. Quek. 2009. Selective adsorption of vitamin E from palm fatty acid distillate on silica-packed fixed-bed columns. International Journal of Food Engineering. Vol. 5, issue 5.

Deshmane, V.G., P.R. Gogate, and A.B. Pandit. 2009. Ultrasound assisted synthesis of isopropyl esters from palm fatty acid distillate. Ultrasonics Sonochemistry. Vol 16, p. 345-350.

He, H.S., Sun, T. Wang, and S. Zhu. 2007. Transesterification kinetics of soybean oil for production of biodiesel in supercritical methanol. JAOCS, Vol. 84(4).

Ivanoiu, A.A. Schmidt, F. Peter, L.M. Rusnac, and M. Ungurean. 2011. Comparative study on biodiesel synthesis from different vegetables oils. Chemical Bulletin POLITEHNICA. Vol. 56 (70), No 2.

Kuntom, A., T.Y. Ai, S. W. Lin, N.A. Idris, M. Yusof, T.T. Sue, and N.A. Ibrahim. 2005. MPOB test methods. Malaysian Palm Oil Board.

Liang, J.H. and L.S. Hwang. 2000. Fractionation of squid visceral oil ethyl esters by short-path distillation. JAOCS, Vol. 77, no. 7.

Moraes, E.B., P.F. Martins, C.B. Batistella, N.E.T. Alvares, R.M. Filho, and M.R.W. Maciel. 2006. Molecullar distillation a powerful technology for obtaining tocopherols soya sludge. Applied Biochemistry and Biotechnology. Vol.132(1-3), p.1066-1076.

Oil World. 2010. Oil world data base March 2010. ISTA Mileke GmBh. Germany.

Oliveira, A.C. and M.F. Rosa. 2006. Enzymatic trans esterifiction of sunflower oil in an aqueous-oil biphasic system. JAOCS, Vol 83, no. 1.

Rossi, P.C., M.C. Pramporo, M.C. Gaich, N.R. Geosso, and V. Nepate. 2010. Optimization of molecular distillation to concentrate ethyl esters of eicosapentaenoic and docohexaenoic acid using simplified phenomenological modeling. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 91, Issue 8, p. 1452-1458.

Shi, J., L.R. Posada, Y. Kakuda, and S.J. Xue. 2007. Molecular distillation of palm oil distillates : Evaporation rates, relative volatility, and distribution coefficients of tocotrienols and other minor components. Separation Science and Technology, Vol. 42. no. 14.

Turapan, S., C. Yatkomchornkun, and K. Nuithitikul. 2010. Esterification of free fatty acids in crude palm oil with sulfated zirconia : Effect of calcination temperature. World Academy of Science, Engineering and Technology, 65.

Wahyuniarti, D. 2011. Tinjauan pasar minyak goreng. Kementrian Perdagangan Republik Indonesia. Edisi: 01/MGR/01/2011.